

1. 如何阅读本章

ADC模块在LPC111x 系列处理器中都相同。

2. 特性

- 10位逐次逼近型模拟数字转换器（ADC）。
- 8引脚复用输入。
- 掉电模式。
- 测量范围0~3.6 V，不可超过 $V_{DD(3V3)}$ 电压水平。
- 10位转换时间 $\geq 2.44\mu s$ 。
- 具有单个或多个输入的突发转换模式。
- 可选输入引脚跳变转换或定时器匹配信号转换。
- 每个A/D通道具有单独的转换结果寄存器，以减少中断开销。

3. 引脚描述

表 16–206 给出了相关的ADC引脚简要介绍。

表 206. ADC引脚描述

引脚	类型	描述
AD[7:0]	输入	模拟输入。A / D转换器单元可以测量任一引脚输入信号的电压。 注释: 虽然在数字模式引脚可承受5V电压，但当配置为模拟输入时，输入电压不能超过 $V_{DD(3V3)}$ 。
$V_{DD(3V3)}$	输入	V_{REF} : 参考电压。

必须通过IOCON寄存器来选择ADC功能，以获得准确的监测引脚上的电压读数。对于ADC的输入引脚，不可能在选择为数字功能的同时，还能得到有效的ADC读数。当引脚被选择为数字功能时，一个内部电路可将ADC硬件与相应的引脚断开。

4. 时钟与功耗控制

ADC的时钟和可编程ADC时钟分频器(见 16–5.1小节) 的外设时钟 (PCLK)由系统时钟提供(见图 3–3)。该时钟可以通过设置 AHBCLKCTRL 寄存器的13位来禁止(3–4.14小节)以节省功耗。

在运行时，可以通过设置PDRUNCFG 寄存器以关闭ADC时钟(3–4.35小节)。

A/D转换器的基础时钟决定于APB时钟（PCLK）。每个AD转换器中都包含一个可编程分频器，以提供最高可达4.5MHz（最大值）的逐次逼近过程所需要的时钟。一次精确的转换需要11个时钟周期。

5. 寄存器描述

ADC包含的寄存器如 表 16–207所列。

表 207. 寄存器概览: ADC (基地址 0x4001 C000)

名称	访问方式	偏移地址	描述	复位值 [1] —
AD0CR	R/W	0x000	A/D 控制寄存器。AD0CR 寄存器必须在A/D转换之前写入，以选择操作模式。	0x0000 0001
AD0GDR	R/W	0x004	A/D 全局数据寄存器。包含最近一次A/D转换结果值。	NA
-	-	0x008	保留。	
AD0INTEN	R/W	0x00C	A/D中断允许寄存器。寄存器中包含的允许位用于允许每个A/D通道在DONE标志被置位后是否产生中断	0x0000 0100
AD0DR0	R/W	0x010	A/D通道0数据寄存器。该寄存器包含通道0最近一次转换的结果。	NA
AD0DR1	R/W	0x014	A/D通道1数据寄存器。该寄存器包含通道1最近一次转换的结果。	NA
AD0DR2	R/W	0x018	A/D通道2数据寄存器。该寄存器包含通道2最近一次转换的结果。	NA
AD0DR3	R/W	0x01C	A/D通道3数据寄存器。该寄存器包含通道3最近一次转换的结果。	NA
AD0DR4	R/W	0x020	A/D通道4数据寄存器。该寄存器包含通道4最近一次转换的结果。	NA
AD0DR5	R/W	0x024	A/D通道5数据寄存器。该寄存器包含通道5最近一次转换的结果。	NA
AD0DR6	R/W	0x028	A/D通道6数据寄存器。该寄存器包含通道6最近一次转换的结果。	NA
AD0DR7	R/W	0x02C	A/D通道7数据寄存器。该寄存器包含通道7最近一次转换的结果。	NA
AD0STAT	RO	0x030	A/D状态寄存器。该寄存器包含所有A/D通道的DONE和OVERRUN标志，和A/D中断标志。	0

[1] 复位值只反映了使用位的值，它不包括保留位的内容。

5.1 A/D 控制寄存器 (AD0CR - 0x4001 C000)

A/D控制寄存器包含A/D 通道选择位、A/D 时序选择位、A/D 模式选择位、以及 A/D触发方式的选择位。

表 208: A/D 控制寄存器 (AD0CR - 地址 0x4001 C000) 位域描述

位	符号	值	描述	复位值
7:0	SEL		选择AD7:0中的一个引脚作为输入采样和转换的有效引脚。位 0 选中引脚AD0, 位1选中引脚AD1, ..., 如此位7选中引脚AD7。 在软件控制模式 (BURST = 0), 只能选中一个通道, 即这些位中只有一个可以被置位1。 在硬件扫描模式 (BURST = 1), 多个通道都可被选中, 即这些位中任意位都可以被置成1。如果所有位都设置为0, 则通道0被自动选定 (SEL = 0x01)。	0x01
15:8	CLKDIV		APB 时钟 (PCLK) 被 CLKDIV+1分频, 产生ADC时钟, 要求小于或等于4.5 MHz。通常, 在软件编程时应该设置该值为最小值, 以产生4.5MHz的时钟或略小的时钟, 然而在某些情况(例如高阻抗模拟信号源)可能要求一个较慢的时钟。	0
16	BURST	0	软件控制模式: 转换是由软件控制的, 需要11个时钟周期。	0
		1	硬件扫描模式: A/D 转换器以 CLKS 设定的频率不断地转换, 扫描 (如果需要)由SEL寄存器选定的引脚。第一次转换对应SEL位域中设置为1的最低有效位所对应的引脚, 如果适用, 再扫描下一个为1位所对应的引脚。清除该位可以终止重复转换, 但解释该位被清除, 正在进行的转换仍然会完成。 注意: 当 BURST = 1时START位域必须是 000, 否则转换不会启动。	
19:17	CLKS		该位域选定在BURST模式每次转换需要的时钟数, 和存储在ADDR寄存器LS位域的转换结果的精度位数。在11 clocks (10bits) 和4 clocks (3bits)之间取值。	000
		000	11 clocks / 10 bits	
		001	10 clocks / 9 bits	
		010	9 clocks / 8 bits	
		011	8 clocks / 7 bits	
		100	7 clocks / 6 bits	
		101	6 clocks / 5 bits	
		110	5 clocks / 4 bits	
		111	4 clocks / 3 bits	
23:20	-		保留, 用户程序不能向保留位写1。从保留位读取的值未定义。	NA
26:24	START		当 BURST 位为0, 这些位控制是否开始以及何时开始A / D转换。	0
		000	不开始 (当清除PDN为0时, 使用该值)。	
		001	现在开始转换。	
		010	当被位27所选择的边沿发生在PIO0_2/SSEL/CT16B0_CAP0时, 启动转换。	
		011	当被位27所选择的边沿发生在PIO1_5/DIR/CT32B0_CAP0时, 启动转换。	
		100	当被位27所选择的边沿发生在CT32B0_MAT0 ^[1] 时, 启动转换。	
		101	当被位27所选择的边沿发生在CT32B0_MAT1 ^[1] 时, 启动转换。	
		110	当被位27所选择的边沿发生在CT16B0_MAT0 ^[1] 时, 启动转换。	
		111	当被位27所选择的边沿发生在CT16B0_MAT1 ^[1] 时, 启动转换。	

表 208: A/D 控制寄存器 (AD0CR - 地址 0x4001 C000) 位域描述

位	符号	值	描述	复位值
27	EDGE		该位只有在 START 位域 包含 010-111时才有意义。在这种情况下：	0
		1	在选定的 CAP/MAT 信号的下降沿启动转换。	
		0	在选定的 CAP/MAT 信号的上升沿启动转换。	
31:28	-		保留，用户程序不能向保留位写1。从保留位读取的数据未定义。	NA

[1] 请注意，这并不需要计时器匹配功能出现在处理器引脚上。

5.2 A/D全局数据寄存器 (AD0GDR - 0x4001 C004)

A/D全局数据寄存器包含最近一次A/D转换结果。包括数据、DONE和Overrun 标志，以及与数据相关的A/D通道号。

表 209: 全局数据寄存器 (AD0GDR - 地址 0x4001 C004) 位域描述

位	符号	描述	复位值
5:0	Unused	从这些位读取的数据总是0。它们为未来的扩展提供兼容的空间 得到更高分辨率的A / D转换器。	0
15:6	V/VREF	当 DONE 标志为 1，该位域 包含一个二进制小数为：位域选定的ADn 引脚上的电压除以VDD(3V3)引脚上的电压值。该位域为0表示ADn 引脚上的电压小于等于或接近Vss引脚上的电压，当该位域为 0x3FF表示ADn 引脚上的电压接近等于或大于VREF引脚上的电压。	X
23:16	Unused	从这些位读取的数据总是0。它们允许A/D 值在无AND-masking 时连续 累加至少256个，而不会在CHN位域溢出。	0
26:24	CHN	这些位包含被LS 位设置的通道。	X
29:27	Unused	从这些位读取的数据总是0。它们将来可以被用作扩展 CHN 位域，以兼 容更多通道的A/D转换器。	0
30	OVERUN	在 burst 模式下，如果一个或多个转换结果丢失该位被置为1，并在转换 产生的结果影响LS位之前被覆盖。 在非FIFO 操作下，对该寄存器的读操作会将该位清0。	0
31	DONE	当一次A/D转换结束该位被置为1。对该寄存器的读操作以及对ADCR 寄存器的写操作会将该位清0。如果在一次转换正在进行时，对ADCR进行 写操作，该位被置位并开始一次新的转换。	0

5.3 A/D状态寄存器(AD0STAT - 0x4001 C030)

A/D 状态寄存器允许同时查看 所有 A/D 通道的状态。各A/D通道在ADDRn寄存器中的
DONE标志和OVERRUN标志都镜像到ADSTAT寄存器中。在ADSTAT寄存器中也可以查
看中断标志(所有DONE标志的逻辑或)。

表 210: A/D 状态寄存器 (AD0STAT – 地址 0x4001 C030) 位域描述

位	符号	描述	复位值
7:0	Done7:0	这些位镜像出现在每个通道结果寄存器中的DONE 状态标志位。	0
15:8	Overrun7:0	这些位镜像了出现在每个通道结果寄存器中的OVERRRUN状态标志位。读 ADSTAT寄存器允许同时查看所有 A/D 通道的状态。	0
16	ADINT	该位是 A/D中断标志。当任一A/D通道 Done标志有效是该位为1，并允许通过ADINTEN寄存器引起A/D中断。	0
31:17	Unused	未使用，总为 0。	0

5.4 A/D中断允许寄存器 (AD0INTEN - 0x4001 C00C)

该寄存器控制哪个A/D通道转换结束后产生中断。例如，希望使用A/D通道对传感器进行连续监测，应用程序需要时可随时读取最近的结果。这样的情况下，这些A/D通道转换结束并不需要产生一个中断。

表 211: A/D 中断允许寄存器r (AD0INTEN – 地址 0x4001 C00C) 位域描述

位	符号	描述	复位值
7:0	ADINTEN 7:0	这些位控制那些A/D通道在转换完成后产生中断。第0位为1时，A/D 通道 0转换完成后产生一个中断；第1位为1时，A/D 通道 1转换完成后产生一个中断；以此类推。	0x00
8	ADGINTEN	该位为1，允许在ADDR寄存器中的全局 DONE 标志产生一个中断。该位为0，只有被ADINTEN 7:0允许的A/D通道才会产生中断。	1
31:9	Unused	未定义，总为0。	0

5.5 A/D数据寄存器(AD0DR0 - AD0DR7 - 0x4001 C010 -0x4001 C02C)

A/D 数据寄存器保存A/D转换完成后的结果，同时还包含转换完成标志和发生溢出标志。

表 212: A/D 数据寄存器(AD0DR0 - AD0DR7 – 地址 0x4001 C010 -0x4001 C02C) 位域描述

位	符号	描述	复位值
5:0	Unused	未使用，总为 0。 这些位总是读取为0，它们为未来的扩展提供兼容的空间，以便适用更高分辨率的A / D转换器。	0
15:6	V/V _{REF}	当 DONE 标志为 1，该位域包含的二进制小数表示ADn引脚上的电压除以V _{REF} 电压值的结果。该位域为0表明ADn引脚上的电压小于等于或接近V _{SS} 引脚上的电压，当该位域为 0x3FF表明 ADn 引脚上的电压 接近等于或大于V _{REF} 引脚上的电压。	NA
29:16	Unused	从这些位读取的数据总是0。它们允许A/D 值在没有AND-masking 时连续累加至少256个，而不会在CHN位域溢出。	0
30	OVERRUN	在 burst 模式下，如果一个或多个转换结果丢失该位被置为1，并在转换产生的结果影响LS位之前被覆盖。 在非FIFO 操作下，对该寄存器的读操作会将该位清0。	0
31	DONE	当一次A/D转换结束该位被置为1。对该寄存器的读操作将其清零。	0

6. 操作

6.1 硬件触发转换

如果 ADCR0寄存器中BURST位为0，且START位域包含010-111，在选定引脚上发生电平变化或定时器的匹配信号会启动A/D转换。

6.2 中断

当ADSTAT寄存器中ADINT位为1，ADC向中断控制器发出中断请求。当任一A/D通道的DONE标志位为1(通过寄存器ADINTEN设置)时，ADINT位值为1。软件可以利用中断控制器中的ADC中断允许控制位，来控制是否产生中断。必须读取产生中断的A/D通道的结果寄存器，以清除相应的DONE标志。

6.3 精度与数字接收器

尽管 A/D 转换器能够用来测量任意ADC输入引脚的电压值，而无需设置各引脚的IOCON寄存器。但是通过设置IOCON寄存器禁止ADC功能引脚的数字接收器，可以提高转换精度(见7-3.4小节)。